

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ, СФОРМОВАНОГО ІЗ СУМІШЕЙ ПОРОШКІВ

Визначено особливості контактної взаємодії частинок магнітно-абразивного інструменту (МАІ), що формується в робочих зонах при магнітно-абразивному обробленні (МАО) в умовах великих магнітних щільностей із сумішей порошків. За зміною величини питомої роботи, що витрачається інструментом при МАО поверхні виробів, виконано аналіз ефективності застосування МАІ.

Вступ. Магнітно-абразивне оброблення (МАО) за механізмом впливу на поверхні деталей, що оброблюються є комплексним процесом і поєднує в собі одночасно:

- пластичне деформування мікронерівностей поверхні і тонкого приповерхневого шару;
- взаємодію магнітно-абразивного інструменту (МАІ), сформованого в робочих щілинах з поверхнею в умовах фрикційного контакту, що призводить до абразивного зношування, адгезійної і дифузійної взаємодії;
- мікрорізання з видаленням мікростружки;
- фізичні та хімічні явища, що відбуваються в магнітному полі під час оброблення і сприяють формуванню специфічного мікрорельєфу поверхні, особливих властивостей тонкого поверхневого шару.

Процес ефективного МАО виробів різноманітної просторової конфігурації у великих або малих магнітних щілинах відбувається за умов відтворення трьох основних факторів, що відтворюються в зоні безпосереднього оброблення, а саме:

- забезпечення рівномірного притискання елементів МАІ до оброблюваних поверхонь силами магнітного походження або за рахунок динамічних чинників, що визначаються характером переміщення деталей в робочих зонах установок і верстатів для МАО. Тобто наявність нормальної складової зусиль притискання частинок магнітного абразиву до оброблюваної поверхні для забезпечення як найменше пружно-пластичного деформування мікронерівностей поверхні та тонкого поверхневого шару;

– наявність достатньої рівномірно розподіленої відносно поверхонь, що оброблюються, тангенціальної складової відносно руху елементів МАІ і поверхонь деталей для забезпечення умов активного пластичного деформування, мікрорізання і скобління поверхневого шару;

– здатність МАІ до переформування, перемішування і відновлення робочої форми, забезпечення рівномірного нівелювання відносно поверхонь деталей, що оброблюються, без утворення “застійних”, “тіньових” зон біля поверхні.

Стан проблеми. Відтворення вищезазначених факторів найчастіше реалізується шляхом застосування і створення особливих умов переміщення деталей в МАІ, що формується в робочих зонах у процесі MAO. При цьому важливими характеристиками МАІ є його тріботехнічні властивості, керування якими дозволяє значною мірою полегшити умови досягнення зазначених факторів забезпечення ефективного оброблення. У зв'язку з цим значну увагу, особливо при MAO деталей складної просторової конфігурації, слід приділяти складу, типу, формі частинок магнітно-абразивних порошкових матеріалів, їх властивостям, фракційному складу тощо. Традиційно магнітно-абразивні матеріали (МAM) оцінюють за їх здатністю забезпечувати якнайменшу шорсткість поверхонь деталей після MAO або за характеристиками масового знімання матеріалу з поверхонь за деякий фіксований проміжок часу оброблення [1–4]. В деяких випадках додатковою характеристикою МAM є його стійкість – здатність забезпечувати задану шорсткість, задане знімання матеріалу за фіксований проміжок часу протягом визначеного терміну без зміни фракційного складу порошкового МAM [3–5]. При цьому не враховують той факт, що процес MAO використовують не тільки для покращення шорсткості, формування заданої топографії мікропрофілю, а і для формування особливих властивостей тонкого поверхневого шару виробів – підвищення його твердості, формування в поверхневому шарі залишкових напружень стиснення або мікропластичного деформування. Саме останній процес суттєво залежить від фракційного складу, форми і розміру частинок МAM, що використовують при MAO, магнітної індукції в робочих щілинах – B , швидкості, тривалості оброблення, складу і наявності в робочих зонах змочувально-охолоджуючих миючих технологічних середовищ [6–9] і багатьох інших факторів. Тому бажаним є визначення специфічних показників МАІ, які б дозволили виконувати інтегральну оцінку ефективності застосування порошкових магнітних абразивів з урахуванням задач фінішного оброблення. При цьому важливим є

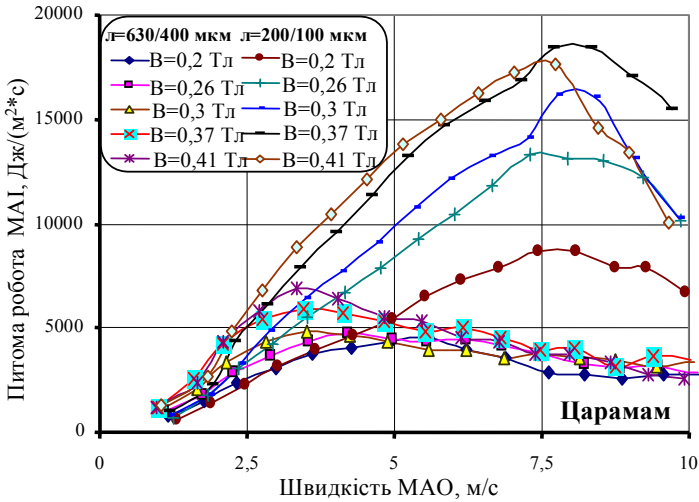
врахування особливостей поведінки МАІ при МАО в реальних умовах і визначення умов контактування окремих зерен чи представницьких об'ємів МАІ з оброблюваною поверхнею. Особливо це важливо при МАО в умовах великих магнітних щілин при обробленні деталей складної форми, коли формується специфічна “мікроструктура” МАІ, вигляд і характер переформування якої в процесі оброблення суттєво залежать як від властивостей порошку, так і від умов оброблення. Як один з таких чинників можна використовувати питому роботу (енергію), або потужність, яку МАІ виконує при МАО деталей. Попередні дослідження реологічних властивостей МАІ, наведені в [10, 11], дозволили не тільки конкретизувати особливості його структурування в умовах великих магнітних щілин, а і визначити особливості формування мікрогеометрії поверхні виробів після МАО [9, 11, 12]. Зазначені результати стосуються як моно, так і поліфракційних МАМ. При цьому необхідно зазначити, що отримані результати, їх ретельний аналіз дозволяють не тільки рекомендувати той чи інший порошок МАМ для здійснення або переважного знімання матеріалу з поверхні виробів, або покращення шорсткості й формування заданої мікрогеометрії, або зміцнення поверхневого шару, а і визначити особливі умови мікроконтакту окремих зерен з оброблюваною поверхнею. Попередні дослідження з визначення впливу швидкості МАО – V , магнітної індукції в робочих щілинах, типу МАМ, форми і розміру частинок – λ , складу МАІ на величину питомих сил тертя при обробленні титанового диску, наведені в [12], дозволили швидкісний діапазон процесу МАО умовно поділити на три піддіпазони, що визначаються суттєвим і несуттєвим впливом величини B в робочих щілинах на процес формування МАІ в процесі оброблення. Проте визначення особливостей мікроконтактною взаємодії МАІ з оброблюваними поверхнями, внаслідок складності й багатofакторності процесу МАО, можливо за умов аналізу зміни величини питомої роботи, що виконує МАІ в процесі оброблення залежно від швидкості оброблення із застосуванням МАМ з різноманітною формою і розміром частинок. При цьому позитивним при таких дослідженнях є застосування поліфракційних МАМ, що дозволить конкретизувати умови взаємодії інструменту на мікрорівні.

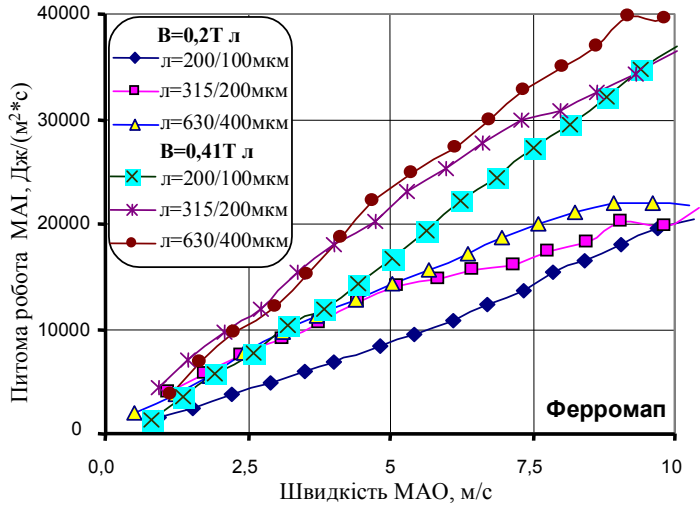
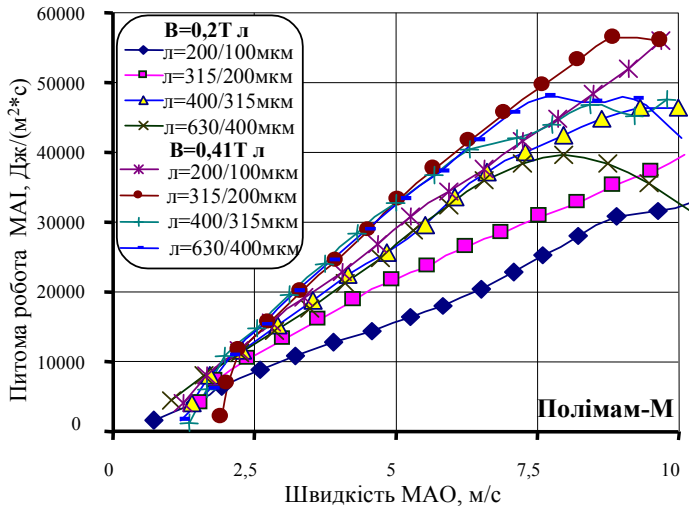
Метою роботи є аналіз роботи, що виконується МАІ при МАО і визначення особливостей мікроконтактною взаємодії частинок порошкового інструменту з оброблюваними поверхнями.

Результати досліджень. Величину питомої роботи, що виконує МАІ в процесі оброблення нескладно визначити із залежностей зміни питомих сил тертя від швидкості МАО як їх добуток. Визначена таким

чином питома робота процесу MAO безпосередньо характеризує енергію, яку витрачає MAI при обробленні одиниці площини поверхні деталі за одиничний проміжок часу. Ця енергія витрачається на нагрівання деталі й інструменту, процеси, пов'язані з мікрорізанням і скоблінням матеріалу, на пружно-пластичне деформування мікронерівностей на поверхні і тонкого поверхневого шару. Типові залежності зміни величини питомої роботи, що витрачається при MAO при використанні монофракційних порошкових МAM, які відрізняються не тільки складом, розміром, а і формою частинок, наведено на рис. 1.

Визначено значення питомої енергії, що витрачається на оброблення поверхонь деталей за умов використання MAI, який сформовано з різних порошоків при обробленні титанового сплаву досить добре співпадає з даними, наведеними в роботах [1, 3, 13] за величинами масового знімання матеріалу й отриманої після MAO шорсткості поверхні. Більша потужність відповідає більш активній полірувальній і абразивній спроможності МAM. Проте прямий зв'язок між зазначеними властивостями порошоків МAM відсутній.





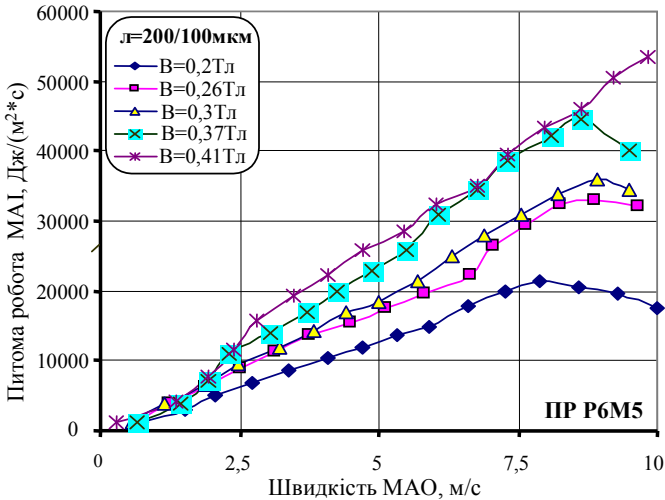


Рис. 1. Залежності зміни величини питомої роботи МАІ, що витрачається на оброблення від швидкості МАО для різних порошкових МАМ

Аналіз наведених залежностей показує, що в першому і другому швидкісних піддіапазонах процесу МАО [12] має місце майже лінійне зростання роботи, що виконує МАІ на оброблення залежно від швидкості МАО. На окремих кривих, в зоні переходу від другого до третього піддіапазону швидкостей, є максимум, наявність якого і діапазон швидкостей, в якому він розташовується, може бути пояснено особливою поведінкою частинок МАІ при їх контактній взаємодії з поверхнями, що оброблюються, пов'язаній з формою частинок, ступенем їх нерівності. В разі використання для формування МАІ порошкових МАМ з нерівнісними частинками, такими як Церамам з коефіцієнтами нерівності $k_f = 1,88$, у порошоків з розміром частинок 630/400 мкм цей діапазон складає 3,2–5,6 м/с, а у порошоків з розміром частинок 200/100 мкм і величиною $k_f = 2,8$ знаходиться в межах 7,2–7,8 м/с. У порошоків з рівнісними частинками з $k_f < 1,6$ [5] зазначений швидкісний діапазон перевищує значення швидкості 8,5–11 м/с. Причому для округлих частинок він розташовується в зоні нижчих швидкостей – 7,7–8,6 м/с для порошоків з розміром частинок 630/400 мкм і перевищує 11 м/с для дрібних частинок – 200/100 мкм.

Подібні особливі умови, пов'язані зі зміною характеру мікроконтактної взаємодії окремих частинок МАІ з оброблюваною поверхнею. Встановлено, що в процесі МАО зі збільшенням швидкості

оброблення частинки в результаті контакту з поверхнею деталі починають повертатися відносно вектора сил магнітного поля. При цьому в контакт з поверхнею вступають нові різальні мікроступи на поверхні частинок. Активне повертання частинок відтворює умови обкочування оброблюваної поверхні й буде відповідати зниженню як питомих сил тертя, так і питомої енергії МАІ, що витрачається на процеси мікрорізання і скобління. Залишкова питома енергія буде відповідати процесам, що відбуваються в МАІ в умовах переважного обкочування і пластичного деформування поверхні, її наклепування. Суттєве значення при цьому будуть відігравати ефект армування чи частково армування МАІ [12]. Чим більше вони виражені, тим сильніше витягуються ланцюжки зерен, конусо- і веретеноподібні формування МАІ, тим при менших значеннях швидкості МАО частинки МАМ починають активно повертатися як відносно оброблюваної поверхні, так і відносно вектора магнітної індукції, тобто відбувається їх своєрідне кочення по поверхні деталей. Значення швидкостей МАО, при яких відбувається зміна умов контакту частинок МАІ з оброблюваною поверхнею від умов ковзання, мікрорізання, скобління до умов їх кочення по поверхні для монофракційних МАМ пов'язано не тільки з розміром і ступенем нерівності частинок, а і з величиною магнітного поля в робочих щілинах, масою частинок і їх формувань і як наслідок – величиною магнітного моменту, що виникає при відхиленні частинок від напрямку магнітного поля на кут, більший 45° [13], коли магнітні сили починають сприяти повертання частинки, а також дією пондеромоторних сил. Це підтверджується зниженням значень швидкостей МАО від 5,5 м/с до 3,2 м/с, при яких відбувається повертання частинки в МАІ з порошку Церамам 630/400 мкм при зростанні магнітної індукції від 0,2 до 0,41 Тл.

Застосування сумішей порошкових МАМ [12] для формування МАІ з заданими керованими властивостями відкриває шлях до відтворення в процесі МАО умов чи переважного мікрорізання, чи переважного мікропластичного деформування поверхневого шару, або гнучкого регулювання зазначеними процесами. Саме тому необхідно мати розширену інформацію про енергетичні можливості порошкових МАМ різних складів при різних умовах МАО для їх цілеспрямованого застосування.

За результатами, наведеними в [12], було розраховано значення величини питомої енергії МАІ, визначено діапазони швидкостей, при яких відбувається повертання елементів МАІ і характер зміни питомої енергії залежно від швидкості МАО для умов відтворення

переважних процесів мікрорізання і скобління. Значення швидкостей MAO, при яких відбувається зміна умов мікроконтактної взаємодії елементів MAI з оброблюваними поверхнями для різних типів і складів сумішей наведено в табл. 1.

Таблиця 1

*Швидкість процесу MAO,
при якій відбувається зміна умов контактної взаємодії
частинок MAI з оброблюваною поверхнею*

Типи МAM в складі MAI з сумішей порошків	Кількісний склад порошкового МAM в суміші фракція 630/400 мкм фракція 200/100 мкм	Швидкість, при якій відбувається зміна умов контактування частинок MAI з поверхнею, м/с				
		V = 0,2 Тл	V = 0,26 Тл	V = 0,3 Тл	V = 0,37 Тл	V = 0,41 Тл
1	2	3	4	5	6	7
Ферромаг (630/400 мкм) + ПР Р6М5 (200/100 мкм)	100/0	9,6	>11	>11	>11	>11
	90/10	8	8	7,8	7,6	7
	70/30	8,8	9,4	9,8	8,4	7,4
	65/35	7,8	8,4	8,2	8	7,4
	60/40	9,2	8,2	9	9,6	8,8
	55/45	8,2	9,2	8,8	9,8	10
	50/50	>10	9,2	9,6	10	8,4
	25/75	>10	>10	6,2	7	5,4
	0/100	8,2	9	9	8,6	>10
Ферромаг (630/400 мкм) + Царамам (200/100 мкм)	90/10	6,4	6,4	6,8	5,8	5,6
	70/30	6,6	6,6	6,2	6,2	5,8
	50/50	6,8	6,6	6,8	6,6	6,2
	20/80	7,2	6,8	6,4	6	5
	10/90	7,6	7,2	7,2	6,4	6,4
	0/100	8	8	8	8	7,4
Ферромаг (630/400 мкм) + Царамам (200/100 мкм)	80/20	6,8	7,4	8,2	7,4	7,4

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
	70/30	7	8,2	9,8	7,8	7,4
	60/40	7,6	7,6	8	7,2	7,6
	40/60	8	7,8	8,2	8,2	7,6
	15/85	8,6	9	8,6	8,4	7,6
	0/100	7,2	5,6	4,4	4	3,8

Царамам (630/400 мкм) + Ферромаг (200/100 мкм)	100/0	5	4,6	3,8	3,8	3,8
	90/10	6,2	5,8	5,2	4,6	4,2
	70/30	6,4	6,4	6,2	5,6	5,4
	50/50	6,6	6,6	6,6	6,6	6,2
	30/70	6	5,8	6,2	5	4,2
	10/90	6,4	4,8	4,1	4,1	3,8
Поліам-М (630/400 мкм) + Царамам (200/100 мкм)	100/0	8	8,2	8,4	8,2	8,2
	90/10	6,6	7	7,8	8,2	6,6
	80/20	7	7,4	7,4	7,6	7,6
	70/30	6,6	6,8	6,8	7	6,4
	50/50	7,4	7,6	8	7,4	7,2
	30/70	7,6	7,6	7,6	7,2	6,8
	20/80	7	7,2	6,8	6,4	6
	10/90	7,8	8	7,6	7,2	6,2
Ферромаг (630/400 мкм) + Поліам-М (200/100 мкм)	95/5	6,4	6,4	6,4	5,4	5,4
	90/10	6,2	6,8	7	6,8	6,2
	80/20	7,6	7,6	7,9	7,8	7,4
	70/30	8	8	8	7,8	7,8
	60/40	9	9	9	8,2	8
	50/50	8,8	8,6	9	8,6	8,2
	25/75	>10	>10	9,6	9,2	8,8
	0/100	>10	>10	10	10	10

Загальний аналіз наведених даних свідчить про те, що додавання до крупних фракцій рівновісних порошкових МАМ незначної кількості дрібних рівновісних порошкових МАМ (у кількості до 10 %) при формуванні МАІ призводить до суттєвого зниження величини швидкості МАО, при якій відбувається зміна умов контактної взаємодії елементів МАІ з оброблюваними поверхнями. В разі

використання нерівновісних частинок порошкових МАМ суттєву роль при формуванні МАІ при МАО відіграють ефекти армування і подібний інструмент не буде забезпечувати можливість отримання при МАО підвищеного ефекту наклепування, а лише ефект переважного знімання матеріалу і покращення шорсткості поверхні. Зазначимо, що найкращі результати, щодо зміцнення поверхневого шару виробів слід очікувати на сумішах, що сформовані з крупних частинок порошкових МАМ типу Ферромап і Полімам-М і дрібних рівновісних МАМ, особливо з округлою формою частинок. Окремі результати, що можуть бути безпосередніми підтвердженням зазначених результатів, наведено в [5, 14], а саме за величинами питомого знімання матеріалу при МАО, покращення параметра Ra і залишковим напруженням, що формуються в поверхневому шарі після МАО.

Важливою характеристикою МАІ, що сформовано із сумішей порошкових МАМ, є швидкість зміни питомої енергії, що витрачається МАІ в процесі МАО на оброблення поверхонь виробів залежно від швидкості МАО до моменту зміни умов контактної взаємодії з оброблюваними поверхнями при різних значеннях магнітної індукції в робочих щілинах верстата. Саме цей параметр характеризує безпосередній вплив динаміки процесу оброблення на його ефективність і доцільність підвищення швидкості МАО і може бути визначений як тангенс кута нахилу лінійних часин кривих зміни питомої енергії, що витрачається МАІ на оброблення одиниці площини поверхні в одиницю часу. Зазначені величини, за якими можна визначити величину питомої роботи, яку витрачає МАІ на процес оброблення, наведено в табл. 2.

Показано, що зростання величини магнітної індукції в робочих щілинах сприяє досить суттєвому зростанню питомої роботи, яку виконує МАІ при МАО. Таке зростання в основному відповідає квадратичному зв'язку між силами, що виникають у робочих щілинах і магнітною індукцією [1, 2]. А найбільш потужними і ефективними є порошкові суміші Ферромап (630/400 мкм)+ПР Р6М5 (200/100 мкм), Ферромап (630/400 мкм)+Полімам-М (200/100 мкм) і Полімам-М (630/400 мкм)+Царамам (200/100 мкм).

Таблиця 2

Швидкість зміни величини питомої роботи, яку витрачає МАІ при МАО

Типи МАМ в складі МАІ з сумішей порошків	Кількісний склад порошкового МАМ в суміші фракція 630/400 мкм фракція 200/100 мкм	Швидкість, зміни величини питомої роботи МАІ на оброблення в умовах переважного мікрорізання і полірування поверхонь, Дж/(м ² с)/(м/с)				
		V =	V =	V =	V =	V =
		0,2 Тл	0,26 Тл	0,3 Тл	0,37 Тл	0,41 Тл
1	2	3	4	5	6	7
Ферромаг (630/400 мкм) + ПР Р6М5 (200/100 мкм)	100/0	2637	3401	3869	4048	4346
	90/10	2278	2728	2965	3629	3741
	70/30	2272	2921	3394	3931	4333
	65/35	2259	2821	3032	3795	3829
	60/40	2144	3140	3532	3481	3625
	55/45	2137	3119	2873	3284	3731
	50/50	2015	3077	2796	3337	3763
	25/75	1650	2494	3218	4002	4809
0/100	2614	3617	3980	4993	5384	
Ферромаг (630/400 мкм) + Царамам (200/100 мкм)	90/10	2120	2633	2939	3438	3908
	70/30	1907	2372	2754	3274	3662
	50/50	1665	2170	2532	3245	3626
	20/80	1437	1954	2226	2897	3328
	10/90	1297	1852	2123	2900	3238
	0/100	1127	1689	1956	2405	2564
Ферромаг (630/400 мкм) + Ферромаг (200/100 мкм)	80/20	1253	1919	1946	2608	2799
	70/30	1399	1657	1948	2667	2834
	60/40	1605	1921	2310	2914	3269
	40/60	1373	1899	2079	2409	3643
	15/85	2156	2888	3124	3663	3740
	0/100	1218	1681	2166	2916	3157

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Царамам (630/400 мкм) + Ферромап (200/100 мкм)	100/0	976	1164	1432	1797	1955
	90/10	963	1302	1443	1932	2208
	70/30	1084	1399	1559	2001	2243
	50/50	979	1184	1314	1600	2250
	30/70	961	1197	1312	1843	2153
	10/90	1211	1619	1990	2672	3029
Полімам-М (630/400 мкм) + Царамам (200/100 мкм)	100/0	5313	6172	6219	6506	6342
	90/10	4044	4610	4608	4394	4545
	80/20	3992	4566	4534	4602	4488
	70/30	3605	4185	4408	4511	4493
	50/50	2945	3669	3771	4251	4379
	30/70	2266	2938	3303	3870	4158
	20/80	1961	2509	2928	3611	3835
	10/90	1549	2225	2534	3223	3835
Ферромап (630/400 мкм) + Полімам-М (200/100 мкм)	95/5	2266	2703	29937	3224	3698
	90/10	1455	1919	2119	2820	3274
	80/20	2327	3173	3488	4198	4587
	70/30	2623	3525	3826	4431	4345
	60/40	2684	3529	3756	4550	4792
	50/50	2440	3529	3959	4650	4926
	25/75	2949	4005	4417	5143	5394
	0/100	3315	4524	4736	5459	5716

Якщо для перших двох сумішей у процесі МАО реалізується ефект “підшипника”, то для останньої – ефект “часткового армування”, що забезпечує збереження і відновлення форми МАІ при обробленні.

Висновки. В результаті аналізу значень питомої роботи, що витрачає МАІ в процесі МАО, встановлено особливості контактної взаємодії елементів МАІ з поверхнями, що оброблюються, визначено швидкості МАО, при яких починає реалізовуватись процес кочення частинок по оброблюваним поверхням. Визначено порошкові суміші, що забезпечують підвищену ефективність процесу МАО у великих магнітних щілинах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Барон Ю.М.* Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента. – Л.: Машиностроение. – 1986. – 176 с.
2. *Сакулевич Ф.Ю.* Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 328 с.
3. *Оликер В.Е.* Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий. – М.: Металлургия, 1990. – 176 с.
4. *Степанов О.В.* Исследование процесса формирования магнитно-абразивного порошкового инструмента для обработки деталей сложной геометрической формы: Дисс... канд. техн. наук. – Киев, 1997. – 145 с.
5. *Майборода В.С.* Основы створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхонь: Дис... д-ра техн. наук. – Київ, 2001. – 404 с.
6. *Яцерицин П.И., Забавский М.Т., Кожуро Л.М., Акулович Л.М.* Алмазно-абразивная обработка и упрочнение в магнитном поле. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 272 с.
7. *Ефремов В.Д., Яцерицин П.И.* Технологическое обеспечение качества рабочих кромок инструмента и деталей. – Мн.: БАТУ, 1997. – 251 с.
8. *Хомич Н.С.* Исследование влияния свойств ферромагнитных абразивных материалов на эффективность абразивной обработки в магнитном поле. – В кн.: Магнитно-абразивные материалы и методы их испытания. – Киев: ИПМ АН УССР,

1982.

С. 105–112.

9. *Майборода В.С., Гейчук В.М., Івановський О.А.* Вплив змащувально-охолоджувальних технологічних середовищ (ЗОТС) на триботехнічні властивості порошкового магнітно-абразивного інструменту // Технологія і техніка друкарства: Збірник наук. праць. – К.: НТУУ «КПІ». – 2004. – № 4. – С. 56–67.
10. *Майборода В.С.* Дослідження характеристик внутрішнього тертя сумішей магнітно-абразивних порошоків у магнітному полі // Порошкова металургія. – 2000. – № 3. – С. 62–67.
11. *Майборода В.С., Івановський О.А.* Дослідження впливу в'язкості змащувально-охолоджуючого технологічного середовища на властивості магнітно-абразивного інструменту // Вестник национального технического университета Украины "КПИ" / Машиностроение. – Вып. 45. – 2004. – С. 99–102.
12. *Майборода В.С.* Дослідження властивостей магнітно-абразивного інструменту, сформованого з двох фракційних сумішей порошоків при магнітно-абразивній обробці у великих магнітних щілинах // Технологічні системи. – 2007. – № 1(37). – С. 40–55.
13. *Оликер В.Е.* Абразивная обработка ферромагнитными порошками и пастами в магнитном поле. Препр. – Киев: ИПМ АН УССР, 1984. – 43 с.
14. *Vyelyaev O.* Erhöhung der Leistungsfähigkeit von HSS-Spiralbohrern durch Einsatz der magnetabrasiven Bearbeitung. Dissertation Dr.-Ing. – Magdeburg, Germany, 2008. – 149 p.

МАЙБОРОДА Віктор Станіславович – доктор технічних наук, професор кафедри інструментального виробництва механіко-машинобудівного інституту НТУУ “КПІ”.

Наукові інтереси:

- реологія порошкових середовищ в слабких магнітних полях;
- різання матеріалів;
- методи зміцнення виробів.

E-mail: maiborodavs@mail.ru

Подано 19.01.2009